



Rajah 3.1 Situasi di dusun durian



Aktiviti 3.1

Pengecaman Corak

KMK

KIAK

Tujuan: Membincangkan bahawa daya graviti wujud antara dua jasad dalam alam semesta

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan dalam bentuk *Hot Seat*.
2. Teliti Rajah 3.2 dan bincangkan soalan bagi tiga situasi tersebut dalam kumpulan anda.

Seorang budak yang melompat ke atas akan mencecah semula permukaan di bumi. Apakah daya yang menyebabkan budak itu kembali mencecah permukaan bumi?



Molekul udara kekal dalam atmosfera tanpa terlepas ke angkasa. Apakah daya yang bertindak antara molekul atmosfera dengan Bumi?



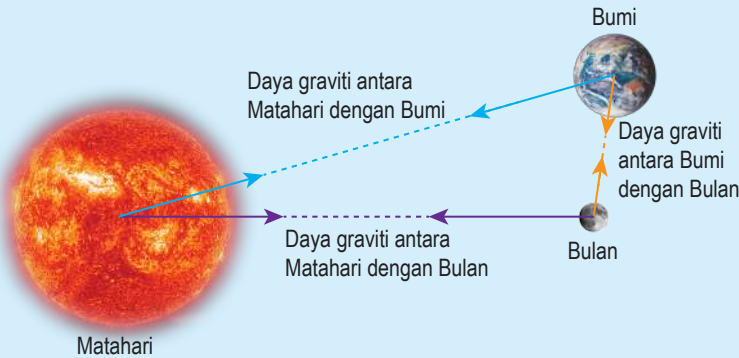
Bulan boleh bergerak dalam orbitnya mengelilingi Bumi tanpa terlepas ke angkasa. Bumi mengenakan suatu daya graviti ke atas Bulan, adakah Bulan juga mengenakan daya graviti ke atas Bumi?



Rajah 3.2 Situasi yang melibatkan daya graviti antara dua jasad

3. Layari laman sesawang untuk mengumpulkan maklumat yang berkaitan.

Daya graviti dikenali sebagai **daya semesta** kerana daya graviti bertindak antara mana-mana dua jasad dalam alam semesta. Rajah 3.3 menunjukkan daya graviti antara Matahari, Bumi dengan Bulan. Bagaimanakah daya graviti antara dua jasad dapat diterangkan?



Rajah 3.3 Daya graviti sebagai daya semesta

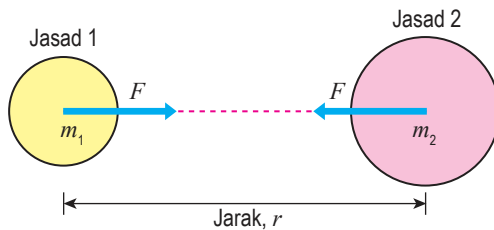
EduwebTV: Daya graviti



<http://bit.ly/2IMtAOd>

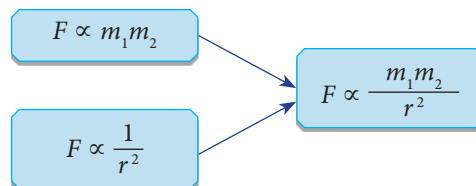
Pada tahun 1687, Isaac Newton mengemukakan dua hubungan yang melibatkan daya graviti antara dua jasad.

- Daya graviti berkadar terus dengan hasil darab jisim dua jasad, iaitu $F \propto m_1 m_2$
- Daya graviti berkadar songsang dengan kuasa dua jarak di antara pusat dua jasad tersebut, iaitu $F \propto \frac{1}{r^2}$



Rajah 3.4 Daya graviti antara dua jasad

Dua hubungan di atas dirumuskan seperti dalam Rajah 3.5 untuk memperoleh **Hukum Kegravitian Semesta Newton**.



Rajah 3.5 Rumusan Hukum Kegravitian Semesta Newton

Fail info

- 1 Daya graviti wujud secara berpasangan.
- 2 Dua jasad itu masing-masing mengalami daya graviti dengan magnitud yang sama.

Fail info

Mengapakah daun yang layu itu bergerak ke arah Bumi?



Kedua-dua daun dan Bumi mengalami daya graviti yang sama. Hal ini menyebabkan daun dan Bumi bergerak mendekati satu sama lain. Oleh sebab jisim Bumi jauh lebih besar daripada jisim daun, daya graviti tidak ada kesan yang ketara ke atas pergerakan Bumi. Oleh itu, pemerhati di Bumi hanya memerhati daun itu jatuh ke arah Bumi.

Hukum Kegravitian Semesta Newton menyatakan bahawa daya graviti antara dua jasad adalah berkadar terus dengan hasil darab jisim kedua-dua jasad dan berkadar songsang dengan kuasa dua jarak di antara pusat dua jasad tersebut.



Hukum Kegravitian Semesta Newton boleh diungkapkan seperti berikut:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

F = daya graviti antara dua jasad

m_1 = jisim jasad pertama

m_2 = jisim jasad kedua

r = jarak di antara pusat jasad pertama dengan pusat jasad kedua

G = pemalar kegravitian ($G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

Fail info

Nilai pemalar kegravitian, G boleh ditentukan melalui eksperimen.

INFO BESTARI

Dua jasad yang berjisim m_1 dan m_2 yang terpisah sejauh r akan mengalami daya graviti, F .

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

Sekiranya anda mengetahui jisim dua jasad dan jarak di antara pusat dua jasad tersebut, anda boleh menghitung magnitud daya graviti antara dua jasad. Teliti contoh-contoh soalan dan penyelesaian yang diberikan.

Contoh 1

Hitungkan daya graviti antara sebiji buah durian dengan Bumi.

Jisim durian = 2.0 kg

Jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Jarak di antara pusat durian dengan pusat Bumi = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$



Rajah 3.6

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\begin{cases} m_1 = 2.0 \text{ kg} \\ m_2 = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg} \\ r = 6.37 \times 10^6 \text{ m} \\ G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \end{cases}$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\begin{cases} \text{Daya graviti,} \\ F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \end{cases}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\begin{cases} F = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times 2.0 \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6)^2} \\ = 19.63 \text{ N} \end{cases}$$

Contoh 2

Sebuah roket yang berada di tapak pelancaran mengalami daya graviti $4.98 \times 10^5 \text{ N}$. Berapakah jisim roket itu?

[Jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$, jarak di antara pusat Bumi dengan roket itu = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$]

Penyelesaian:

Daya graviti, $F = 4.98 \times 10^5 \text{ N}$

Jisim Bumi, $m_1 = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Jisim roket = m_2

Jarak di antara pusat Bumi dengan roket itu,

$r = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$

$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

Daya graviti,

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$$4.98 \times 10^5 = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24}) \times m_2}{(6.37 \times 10^6)^2}$$

$$m_2 = \frac{(4.98 \times 10^5) \times (6.37 \times 10^6)^2}{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}$$

$$= 5.07 \times 10^4 \text{ kg}$$

Menyelesaikan Masalah Melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton

Daya graviti bertindak antara mana-mana dua jasad di Bumi, planet, Bulan dan Matahari. Apakah kesan jisim dan jarak di antara dua jasad ke atas daya graviti?

**Aktiviti 3.2**

Pemikiran Logik

KBMM

Tujuan: Menyelesaikan masalah melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton bagi dua jasad pegun di Bumi

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Andaikan diri anda dan pasangan anda sebagai jasad pegun di Bumi.
3. Catatkan jisim anda, m_1 dan jisim rakan anda, m_2 dalam Jadual 3.1.

Jadual 3.1

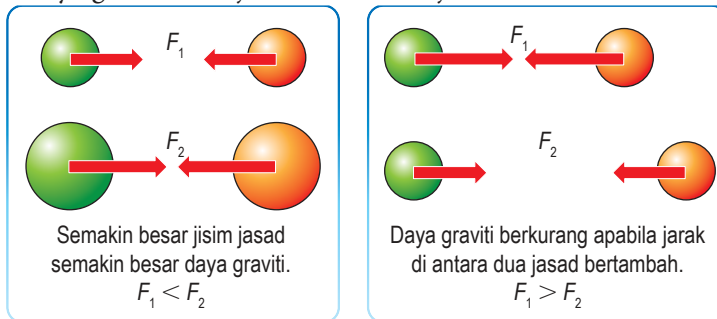
Pasangan	Jisim		r / m	F / N
	m_1 / kg	m_2 / kg		
1			2.0	
			4.0	
2			2.0	
			4.0	

4. Hitungkan daya graviti, F menggunakan jisim anda berdua dan jarak yang diberikan dalam jadual tersebut.
5. Kemudian, bertukar pasangan dan ulangi langkah 3 dan 4.

Perbincangan:

1. Bagaimanakah jisim dua jasad mempengaruhi daya graviti antara dua jasad itu?
2. Apakah kesan jarak antara dua jasad ke atas daya graviti antara dua jasad itu?
3. Mengapakah daya graviti antara anda dengan rakan anda mempunyai magnitud yang kecil?

Kesan jisim dan jarak di antara dua jasad pegun di Bumi ke atas daya graviti ditunjukkan dalam Rajah 3.7.



Rajah 3.7 Kesan jisim dan jarak antara dua jasad ke atas daya graviti

Daya graviti antara dua jasad bergantung pada jisim jasad dan juga jarak di antara dua jasad itu.

Fail info

Walaupun daya graviti merupakan daya semesta, dua orang di permukaan Bumi tidak akan merasai kesan daya graviti antara satu sama lain. Hal ini kerana daya graviti antara dua jasad berjisim kecil mempunyai magnitud yang sangat kecil. Contohnya dua orang yang masing-masing berjisim 50 kg dan 70 kg hanya mengalami daya graviti sebanyak 2.3×10^{-7} N jika mereka berdiri sejauh 1 m dari satu sama lain.



Aktiviti 3.3

Peniskalaan

KBMM

Tujuan: Menyelesaikan masalah melibatkan Hukum Kegravitian Semesta Newton bagi

- jasad di atas permukaan bumi
- Bumi dan satelit
- Bumi dan Matahari

Arahan:

- Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
- Teliti Rajah 3.8 dan jawab soalan-soalan yang diberikan.

Matahari

Jisim = 1.99×10^{30} kg
Jarak di antara Bumi dengan Matahari = 1.50×10^{11} m

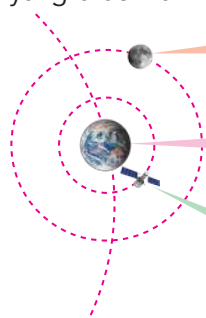


Bulan

Jisim = 7.35×10^{22} kg

Bumi

Jisim = 5.97×10^{24} kg
Jejari = 6.37×10^6 m



Satelit buatan

Jisim = 1.20×10^3 kg
Jarak di antara Bumi dengan Satelit = 4.22×10^7 m

Rajah 3.8 Matahari, Bumi, Bulan dan satelit buatan

Perbincangan:

- Berapakah daya graviti ke atas satelit itu sebelum satelit itu dilancarkan?
- Bandingkan
 - jisim Bumi, jisim satelit dan jisim Matahari, serta
 - jarak di antara Bumi dengan satelit dan jarak di antara Matahari dengan Bumi.
- Ramalkan perbezaan antara magnitud daya graviti Bumi dan satelit dengan daya graviti Matahari dan Bumi.
- Hitungkan
 - daya graviti antara Bumi dengan satelit, serta
 - daya graviti antara Bumi dengan Matahari.
 Adakah jawapan anda sepadan dengan ramalan anda di soalan 3?
- Daya graviti antara Bumi dengan Bulan ialah 2.00×10^{20} N. Berapakah jarak di antara pusat Bumi dengan pusat Bulan?

Menghubung Kait Pecutan Graviti, g di Permukaan Bumi dengan Pemalar Kegravitian Semesta, G

Menurut Hukum Gerakan Newton Kedua, daya graviti boleh diungkapkan sebagai, $F = mg$. Daripada Hukum Kegravitian Semesta Newton, daya graviti, diungkapkan sebagai $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$.
Apakah hubung kait antara g dengan G ?

Fail info

Daripada Hukum Gerakan Newton Kedua,

$$F = ma.$$

Apabila melibatkan pecutan graviti, g ,

$$F = mg$$

Aktiviti 3.4

Algoritma KBMM

Tujuan: Menerbitkan rumus pecutan graviti, g menggunakan rumus $F = mg$ dan $F = \frac{GMm}{r^2}$

Arahan:

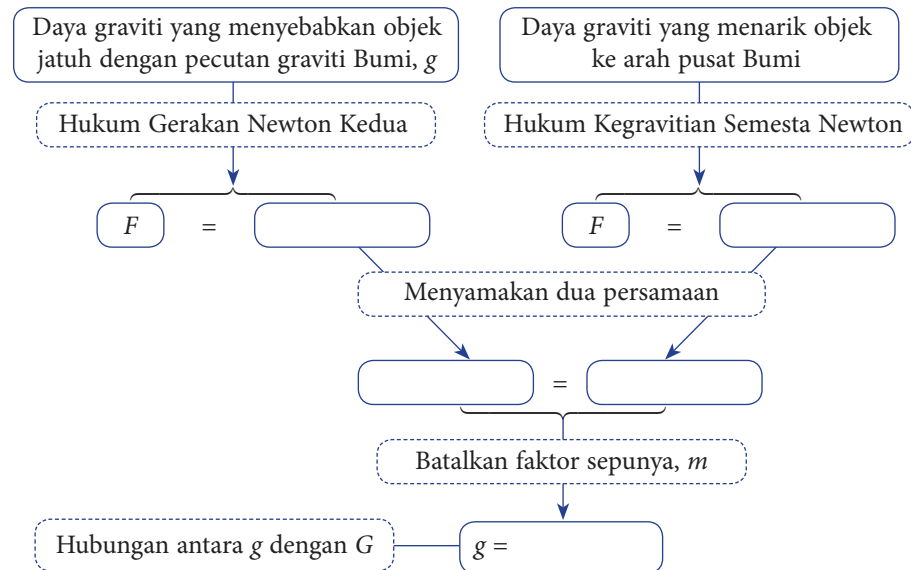
1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Muat turun Rajah 3.9 daripada laman sesawang yang diberikan di sebelah.
3. Bincangkan dan lengkapkan Rajah 3.9 untuk menerbitkan hubungan antara g dengan G .

Muat turun Rajah 3.9



<http://bit.ly/2Rldzxr>

M = jisim Bumi
 m = jisim objek
 r = jarak di antara pusat Bumi dengan pusat objek



Rajah 3.9 Hubungan antara g dengan G

Perbincangan:

1. Apakah hubungan antara pecutan graviti, g dengan pemalar kegravitian semesta, G ?
2. Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi nilai pecutan graviti?



Aktiviti 3.5

Pemikiran Logik

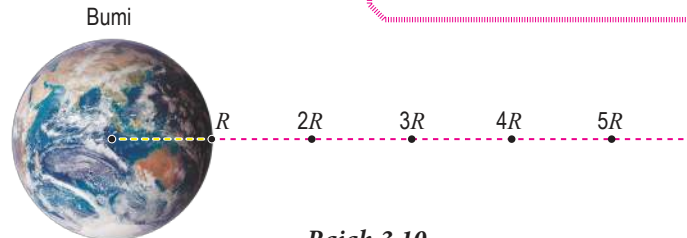
KBMM

Tujuan: Membincangkan variasi nilai g dengan r

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Hitungkan nilai pecutan graviti pada lima jarak yang diberikan dalam Rajah 3.10.

- Jisim Bumi, M
= 5.97×10^{24} kg
- Jejari Bumi, R
= 6.37×10^6 m
- Pemalar kegravitian, G
= 6.67×10^{-11} N m² kg⁻²



Rajah 3.10

3. Lengkapkan Jadual 3.2.

Jadual 3.2

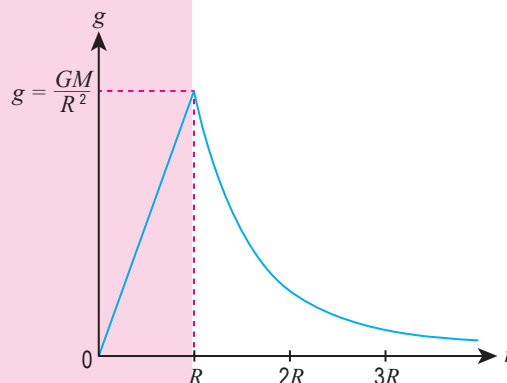
Jarak dari pusat Bumi, r	R	$2R$	$3R$	$4R$	$5R$
Pecutan graviti, g / m s ⁻²					

Perbincangan:

1. Berapakah nilai pecutan graviti di permukaan Bumi?
2. Plotkan graf g melawan r .
3. Bagaimanakah nilai pecutan graviti berubah apabila jarak dari pusat Bumi bertambah?
4. Bincangkan keadaan apabila pecutan graviti mempunyai nilai hampir sifar.

Rajah 3.11 menunjukkan lakaran graf bagi variasi nilai pecutan graviti, g dengan jarak, r dari pusat Bumi.

Nilai g adalah **berkadar terus** dengan jarak dari pusat Bumi bagi kedudukan $r < R$.



Nilai g adalah **berkadar songsang** dengan kuasa dua jarak dari pusat Bumi bagi kedudukan $r \geq R$.

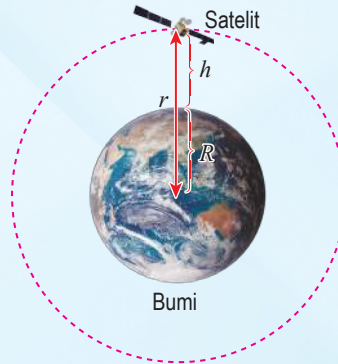
Rajah 3.11 Variasi g dengan r

Rajah 3.12 menunjukkan sebuah satelit pada ketinggian, h dari permukaan Bumi. R merupakan jejari Bumi dan r ialah jarak satelit itu dari pusat Bumi, iaitu jejari orbit.

Di kedudukan dengan ketinggian, h dari permukaan Bumi, jarak dari pusat Bumi ialah $r = (R + h)$

Dengan itu, pecutan graviti,

$$g = \frac{GM}{(R + h)^2}$$



Di permukaan Bumi, ketinggian, $h = 0$. Maka, $r =$ jejari Bumi, R .

Pecutan graviti di permukaan Bumi,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

M ialah jisim Bumi

Rajah 3.12 Sebuah satelit pada ketinggian h dari permukaan Bumi

Contoh 1

Jisim Bumi ialah 5.97×10^{24} kg dan jejari Bumi ialah 6.37×10^6 m. Hitungkan pecutan graviti di permukaan Bumi. [$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$]

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\begin{cases} M = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg} \\ G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2} \\ r = 6.37 \times 10^6 \text{ m} \end{cases}$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan perhitungan.

$$\begin{cases} g = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6)^2} \\ = 9.81 \text{ m s}^{-2} \end{cases}$$

Contoh 2

Sebuah satelit pengimejan radar mengorbit mengelilingi Bumi pada ketinggian 480 km. Berapakah nilai pecutan graviti di kedudukan satelit itu?

[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, $M = 5.97 \times 10^{24}$ kg, $R = 6.37 \times 10^6$ m]

Penyelesaian:

Ketinggian orbit, $h = 480 \text{ km}$
 $= 480\,000 \text{ m}$

$$\begin{aligned} g &= \frac{GM}{(R + h)^2} \\ &= \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6 + 480\,000)^2} \\ &= 8.49 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

Kepentingan Mengetahui Nilai Pecutan Graviti

Daya graviti merupakan daya semesta. Oleh itu, rumus $g = \frac{GM}{R^2}$ boleh digunakan untuk menghitung pecutan graviti di permukaan jasad lain seperti planet, Bulan dan Matahari. Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti yang paling besar? Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti paling kecil?

Puing angkasa



<http://bit.ly/2UXMJxi>



Aktiviti 3.6

Pemikiran Logik

KBMM

KIAK

Tujuan: Membuat perbandingan pecutan graviti yang berbeza bagi Bulan, Matahari dan planet-planet dalam Sistem Suria

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan dalam bentuk *Think-Pair-Share*.
2. Cari maklumat jisim, M dan jejari, R untuk Matahari, Bulan serta planet-planet dalam Sistem Suria.
3. Persembahkan maklumat yang dicari dalam bentuk jadual.
4. Hitungkan pecutan graviti, g bagi setiap jasad tersebut.

Perbincangan:

1. Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti yang paling besar?
2. Planet yang manakah mempunyai pecutan graviti yang paling hampir dengan pecutan graviti Bumi?
3. Apakah faktor-faktor yang menentukan nilai pecutan graviti sebuah planet?

Apabila nilai pecutan graviti di permukaan sebuah planet diketahui, **magnitud daya graviti** yang bertindak ke atas sesuatu objek di permukaan planet boleh dihitung. Pengetahuan mengenai nilai pecutan graviti memainkan peranan yang penting dalam penerokaan angkasa dan kelangsungan kehidupan.



Aktiviti 3.7

Pemikiran Logik

KMK

KIAK

Tujuan: Membincangkan kepentingan pengetahuan tentang pecutan graviti planet-planet dalam penerokaan angkasa dan kelangsungan kehidupan

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Cari maklumat mengenai kepentingan pengetahuan tentang pecutan graviti planet-planet dalam penerokaan angkasa dan kelangsungan kehidupan.
3. Persembahkan hasil perbincangan anda dalam bentuk peta pemikiran yang sesuai.

Pecutan graviti



<https://go.nasa.gov/2FP1xqJ>

Di Bumi, manusia hidup dalam persekitaran yang mempunyai pecutan graviti, 9.81 m s^{-2} . Semasa penerokaan angkasa sama ada jauh dari Bumi atau berhampiran dengan planet lain, badan angkasawan boleh terdedah kepada keadaan graviti rendah atau graviti tinggi. Apakah kesan graviti terhadap tumbesaran manusia?



Aktiviti 3.8

Pemikiran Logik

KIAK

KMK

Tujuan: Mengumpul maklumat tentang kesan graviti terhadap tumbesaran manusia

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan dalam bentuk *Round Table*.

Jadual 3.3

Faktor	Kesan graviti rendah	Kesan graviti tinggi
Perubahan ketumpatan		
Kerapuhan tulang		
Saiz peparu		
Sistem peredaran darah		
Tekanan darah		

2. Berdasarkan Jadual 3.3, dapatkan maklumat mengenai kesan graviti terhadap tumbesaran manusia dengan melayari laman sesawang atau daripada bahan bacaan yang sesuai.
3. Lengkapkan Jadual 3.3.
4. Bentangkan satu persembahan multimedia bertajuk Kesan Graviti Terhadap Tumbesaran Manusia.

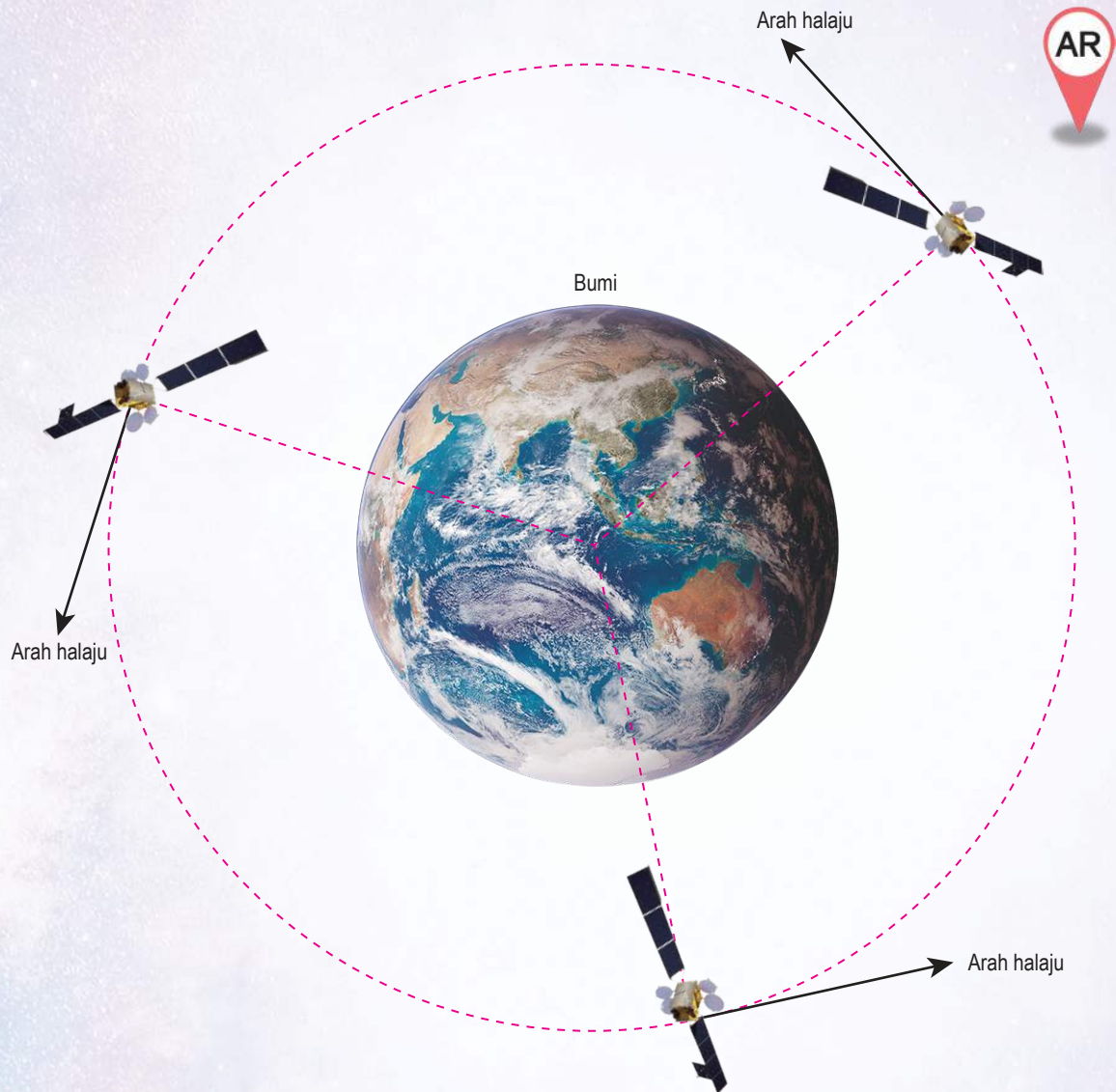
Kesan graviti



<https://go.nasa.gov/2D3rkIq>

Daya Memusat dalam Sistem Gerakan Satelit dan Planet

Rajah 3.13 menunjukkan tiga kedudukan bagi sebuah satelit yang sedang mengorbit Bumi dengan laju seragam. Perhatikan arah halaju satelit di setiap kedudukan satelit itu.



Rajah 3.13 Satelit membuat gerakan membulat

Jasad yang sedang membuat gerakan membulat sentiasa mengalami perubahan arah gerakan walaupun lajunya tetap. Oleh itu, halaju jasad adalah berbeza. Dalam Bab 2, anda telah mempelajari bahawa suatu daya diperlukan untuk mengubah arah gerakan jasad. Apakah daya yang bertindak ke atas jasad yang sedang membuat gerakan membulat?

INFO BESTARI

Apabila suatu jasad bergerak dalam bulatan dan laju seragam, jasad tersebut dikatakan melakukan gerakan membulat seragam.



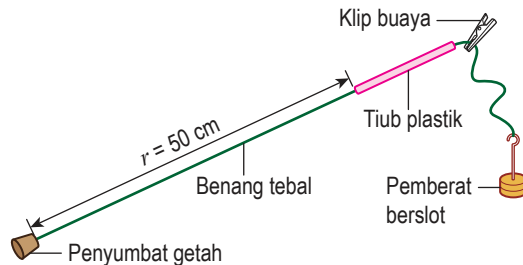
Aktiviti 3.9

Tujuan: Memahami daya memusat menggunakan Kit Daya Memusat

Radas: Kit Daya Memusat (terdiri daripada tiub plastik, penyumbat getah, penggantung pemberat berslot 50 g, tiga buah pemberat berslot 50 g, klip buaya dan benang tebal) dan pembaris

Arahan:

1. Sediakan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.14 untuk gerakan membulat dengan jejari, $r = 50$ cm. Jumlah jisim pemberat berslot dan penggantung ialah 100 g.

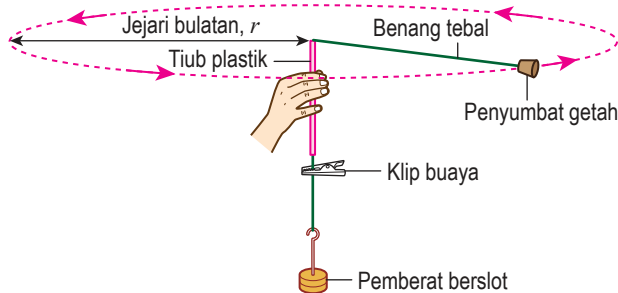


Rajah 3.14

INFO BESTARI

Pemberat berslot menegangkan benang untuk bertindak sebagai daya memusat apabila penyumbat getah membuat gerakan membulat.

2. Pegang tiub plastik dengan tangan kanan dan pemberat berslot dengan tangan kiri anda. Putarkan penyumbat getah itu dengan laju yang malar dalam suatu bulatan ufuk di atas kepala anda seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.15. Pastikan klip buaya berada pada jarak hampir 1 cm dari hujung bawah tiub plastik supaya jejari bulatan adalah tetap.



Rajah 3.15

Video demonstrasi menggunakan Kit Daya Memusat



<http://bit.ly/2W6r42m>

3. Lepaskan pemberat berslot dan terus putarkan penyumbat getah itu. Perhatikan laju pergerakan penyumbat getah itu.
4. Ulangi langkah 1 hingga 3 dengan jumlah pemberat berslot 200 g. Bandingkan laju pergerakan penyumbat getah dengan laju pergerakan sebelum ini.
5. Ulangi langkah 4. Semasa penyumbat getah itu berputar, tarik hujung bawah benang dalam arah ke bawah supaya penyumbat getah berputar dengan jejari yang semakin kecil. Perhatikan bagaimana tegangan benang yang bertindak ke atas tangan kiri anda berubah.

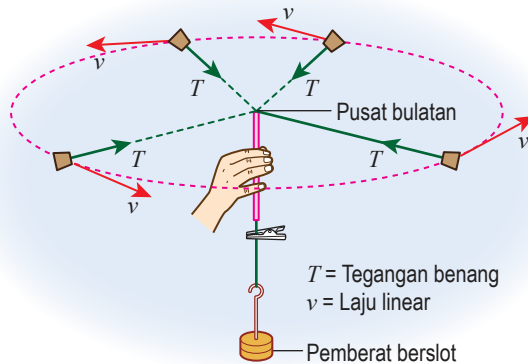
Perbincangan:

1. Apabila penyumbat getah itu membuat gerakan membulat, benang yang tegang mengenakan daya ke atas penyumbat getah itu. Apakah arah daya yang bertindak ke atas penyumbat getah itu?
2. Apakah hubungan antara laju penyumbat getah dengan daya memusat?
3. Bagaimanakah daya memusat berubah apabila penyumbat getah membuat gerakan membulat dengan jejari yang lebih kecil?

Bagi suatu jasad yang melakukan gerakan membulat, terdapat suatu daya yang bertindak ke atasnya dengan arah yang sentiasa menuju ke pusat bulatan itu. Daya ini dikenali sebagai **daya memusat**.

Rajah 3.16 menunjukkan tegangan benang yang bertindak sebagai daya memusat untuk gerakan penyumbat getah. Magnitud daya memusat bergantung pada jisim jasad, laju linear gerakan membulat dan jejari bulatan. Daya memusat boleh dihitung menggunakan rumus:

$$F = \frac{mv^2}{r}, \quad \begin{aligned} F &= \text{daya memusat} \\ m &= \text{jisim} \\ v &= \text{laju linear} \\ r &= \text{jejari bulatan} \end{aligned}$$



Rajah 3.16 Tegangan benang sebagai daya memusat

INFO BESTARI

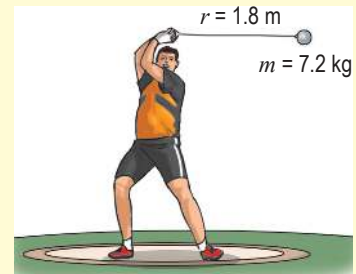
Apabila suatu jasad diputar pada laju seragam tertentu sehingga benang menjadi hampir mengufuk, kesan daya graviti ke atas gerakan membulat jasad itu boleh diabaikan. Walaupun laju jasad adalah seragam, arah gerakan jasad sentiasa berubah.

INFO BESTARI

Laju linear merujuk kepada laju jasad pada suatu ketika tertentu semasa jasad membuat gerakan membulat.

Contoh 1

Rajah 3.17 menunjukkan seorang atlet acara lontar tukul besi yang sedang memutar tukul besi dalam suatu bulatan ufuk sebelum melepaskannya. Berapakah daya memusat yang bertindak ke atas tukul besi apabila tukul besi itu sedang bergerak dengan laju seragam 20 m s^{-1} ?



Rajah 3.17

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\begin{cases} m = 7.2 \text{ kg} \\ v = 20 \text{ m s}^{-1} \\ r = 1.8 \text{ m} \end{cases}$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

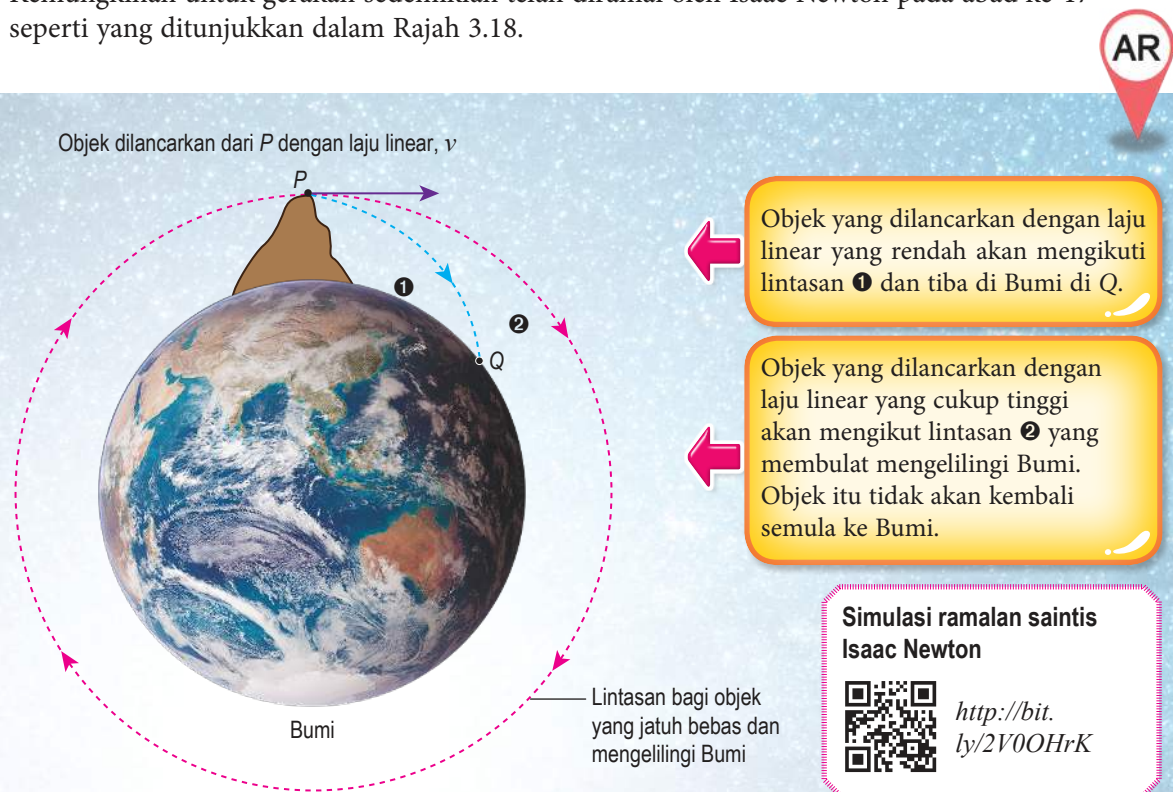
$$F = \frac{mv^2}{r}$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\begin{cases} \text{Daya memusat, } F = \frac{7.2 \times 20^2}{1.8} \\ = 1\,600 \text{ N} \end{cases}$$

Bolehkah sebuah satelit mengorbit mengelilingi Bumi tanpa dipacu oleh enjin roket? Kemungkinan untuk gerakan sedemikian telah diramal oleh Isaac Newton pada abad ke-17 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.18.



Rajah 3.18 Ramalan Isaac Newton

Ramalan Isaac Newton menjadi kenyataan pada masa kini dengan begitu banyak satelit buatan manusia mengorbit mengelilingi Bumi tanpa dipacu oleh sebarang tujahan roket. Satelit-satelit sentiasa mengalami daya graviti yang bertindak ke arah pusat Bumi. Daya graviti ke atas satelit bertindak sebagai daya memusat.

Dengan membanding rumus untuk daya, $F = ma$

dan rumus untuk daya memusat, $F = \frac{mv^2}{r}$, kita peroleh:

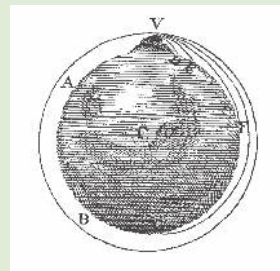
Pecutan memusat, $a = \frac{v^2}{r}$, iaitu

v = laju linear satelit

r = jejari orbit satelit

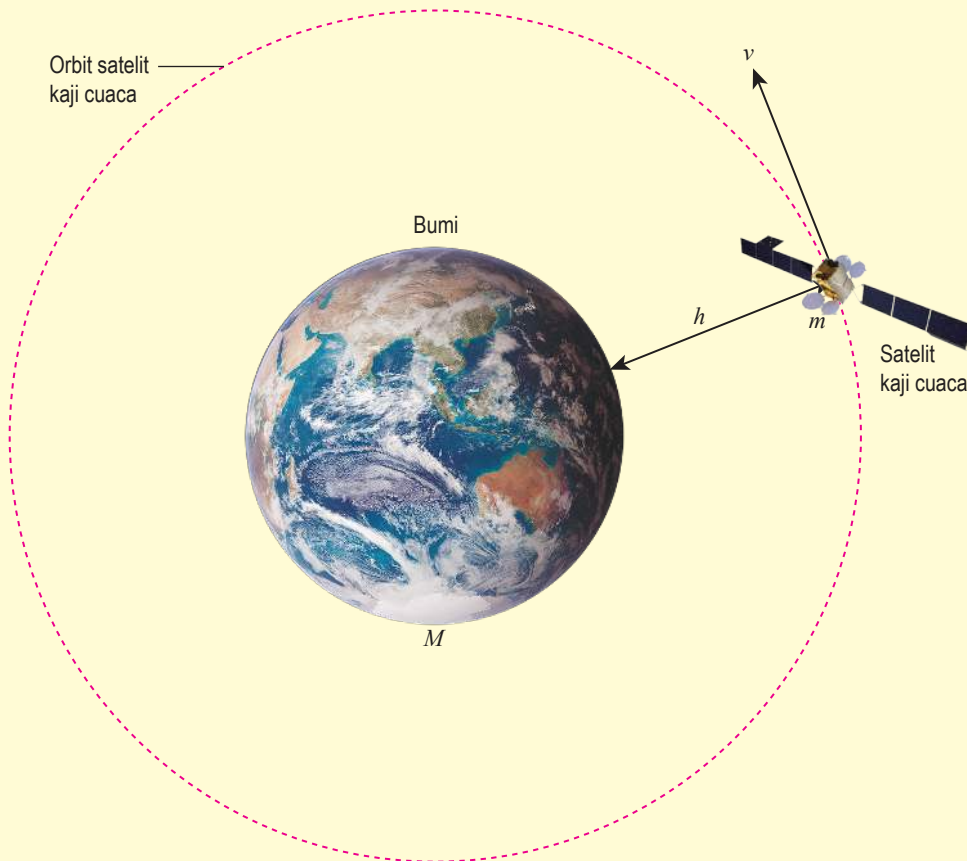
INTEGRASI SEJARAH

Walaupun Isaac Newton tidak ada kemudahan untuk melakukan simulasi atau eksperimen, beliau mampu membayangkan eksperimen tentang pergerakan jasad mengelilingi Bumi. Lakaran asal beliau ditunjukkan di bawah.



Contoh 1

Rajah 3.19 menunjukkan sebuah satelit kaji cuaca yang sedang mengorbit mengelilingi Bumi pada ketinggian, $h = 480$ km. Laju linear satelit itu ialah $7.62 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$. Jejari Bumi, $R = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$. Berapakah pecutan memusat satelit itu?



Rajah 3.19

Penyelesaian:

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ketinggian satelit, } h = 480 \text{ km} \\ \quad \quad \quad = 480\,000 \text{ m} \\ \text{Laju linear satelit, } v = 7.62 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} \\ \text{Jejari Bumi, } R = 6.37 \times 10^6 \text{ m} \end{array} \right.$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\left\{ a = \frac{v^2}{r} \right.$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{v^2}{(R + h)} \\ \quad = \frac{(7.62 \times 10^3)^2}{(6.37 \times 10^6 + 480\,000)} \\ \quad = 8.48 \text{ m s}^{-2} \end{array} \right.$$

Jisim Bumi dan Matahari

Rumus jisim Bumi dan Matahari boleh diterbitkan menggunakan rumus Hukum Kegravitian Semesta Newton dan rumus daya memusat.

Aktiviti 3.10

Algoritma KBMM

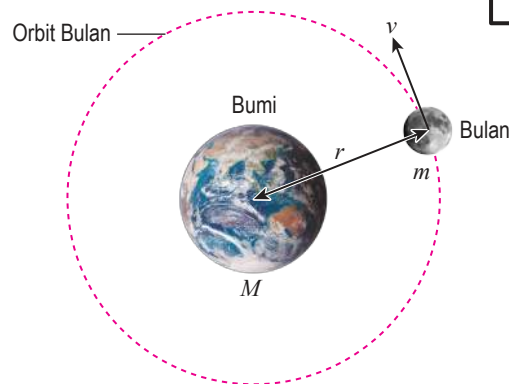
Tujuan: Menentukan jisim Bumi dan Matahari

Arahan:

1. Teliti Rajah 3.20.
2. Rajah 3.20 menunjukkan orbit Bulan mengelilingi Bumi.

INFO BESTARI

Lilitan bagi suatu bulatan dengan jejari r ialah $2\pi r$.



Rajah 3.20

M = jisim Bumi
 m = jisim Bulan
 r = jejari orbit Bulan
 T = tempoh peredaran Bulan mengelilingi Bumi
 v = laju linear Bulan

3. Bincang dan lengkapkan petak kosong di bawah.

Jarak yang dilalui oleh Bulan apabila membuat satu orbit lengkap mengelilingi Bumi

=

Laju linear Bulan, v

=

$\frac{\text{Jarak}}{\text{Masa}}$

v

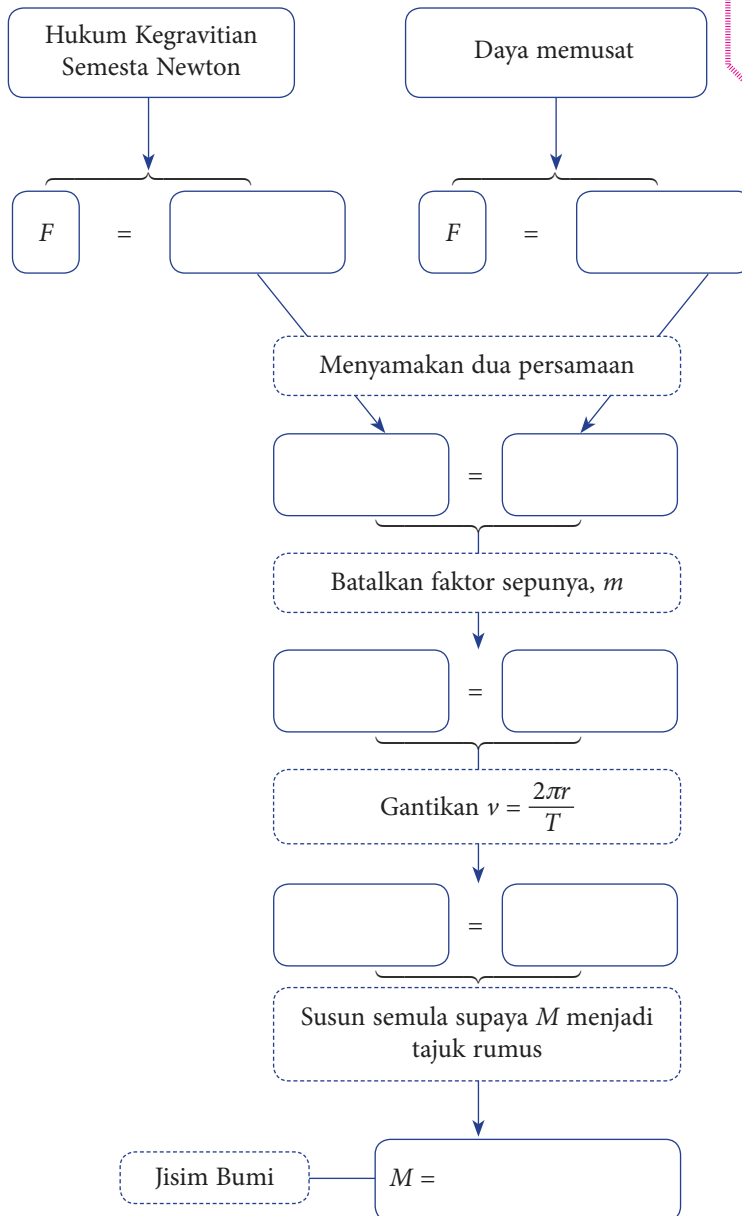
=

4. Muat turun dan cetak Rajah 3.21 dalam laman sesawang yang diberikan di sebelah dan lengkapkannya untuk menentukan rumus jisim Bumi.

Muat turun Rajah 3.21



<http://bit.ly/2RoH15K>



Rajah 3.21 Menentukan rumus jisim Bumi

Perbincangan:

1. Apakah rumus untuk menentukan jisim Bumi?
2. Tempoh peredaran Bulan mengelilingi Bumi, ialah $T = 2.36 \times 10^6$ s dan jejari orbit Bulan, ialah $r = 3.83 \times 10^8$ m. Hitungkan jisim Bumi.
3. Bumi bergerak mengelilingi Matahari dengan tempoh satu tahun dan jejari orbit $r = 1.50 \times 10^{11}$ m. Hitungkan jisim Matahari.

Rumus yang digunakan untuk menentukan jisim Bumi atau Matahari

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$$

Data yang diperlukan untuk menghitung jisim Bumi

- jejari orbit mana-mana satelit atau Bulan
- tempoh peredaran

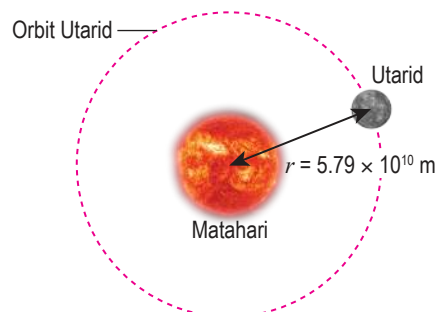
Data yang diperlukan untuk menghitung jisim Matahari

- jejari orbit mana-mana planet
- tempoh peredaran planet tersebut

Rajah 3.22 Rumus dan data yang digunakan untuk menghitung jisim Bumi dan Matahari

Latihan Formatif 3.1

1. Nyatakan Hukum Kegravitian Semesta Newton.
2. Nyatakan dua faktor yang mempengaruhi magnitud daya graviti antara dua jasad.
3. Sebuah puing angkasa berjisim 24 kg berada pada jarak 7.00×10^6 m dari pusat Bumi. Berapakah daya graviti antara puing angkasa itu dengan Bumi?
[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$] 🧠
4. Sebuah satelit kaji cuaca sedang mengorbit Bumi pada ketinggian 560 km. Berapakah nilai pecutan graviti di kedudukan satelit itu?
[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$, jejari Bumi = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$] 🧠
5. Sebuah satelit buatan manusia berjisim 400 kg mengorbit Bumi dengan jejari 8.2×10^6 m. Laju linear satelit itu ialah $6.96 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$. Berapakah daya memusat yang bertindak ke atas satelit itu? 🧠
6. Rajah 3.23 menunjukkan planet Utarid mengorbit mengelilingi Matahari dengan jejari orbit $5.79 \times 10^{10} \text{ m}$ dan tempoh peredaran $7.57 \times 10^6 \text{ s}$. Hitungkan jisim Matahari. 🧠



Rajah 3.23

3.2 Hukum Kepler

Semasa di Tingkatan 3, anda telah mengetahui mengenai Kepler, seorang ahli astronomi, matematik dan astrologi Jerman yang mengubah suai **model heliosentrik** mengikut Hukum Kepler. Tahukah anda terdapat tiga Hukum Kepler? Mari kita mengetahui ketiga-tiga hukum tersebut.

Hukum Kepler Pertama

Orbit bagi setiap planet adalah elips dengan Matahari berada di satu daripada fokusnya.

Jalankan Aktiviti 3.11 untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai Hukum Kepler Pertama.



INTEGRASI SEJARAH

Johannes Kepler bekerja sebagai pembantu kepada ahli astronomi Tycho Brahe. Sifat keazaman yang tinggi mendorong beliau untuk mengkaji data astronomi Brahe selama lebih daripada sepuluh tahun. Akhirnya Kepler berjaya merumuskan tiga hukum yang menghuraikan gerakan planet mengelilingi Matahari.



Aktiviti 3.11

Tujuan: Melakar bentuk elips berdasarkan konsep dwifokus elips

Bahan: Pensel, benang 20 cm, dua paku payung, kertas A4, papan lembut dan pita selofan

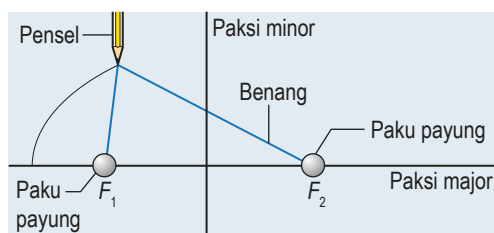
Arahan:

1. Cetak templat yang diberikan dalam laman sesawang di sebelah pada sehelai kertas A4 dan lekatkannya di atas sekeping papan lembut.
2. Pacak paku payung pada titik F_1 dan F_2 .
3. Ikat dua hujung benang itu masing-masing kepada dua paku payung itu.
4. Tegangkan benang dengan mata pensel seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.24.
5. Gerakkan pensel dari paksi major di sebelah kiri F_1 ke paksi major di sebelah kanan F_2 untuk melakar separuh elips.
6. Ulangi langkah 5 pada bahagian sebelah bawah untuk memperoleh bentuk elips yang lengkap.
7. Keluarkan paku payung dan benang.
8. Lukiskan satu bulatan kecil untuk mewakili Matahari di F_1 . Lukiskan bulatan kecil untuk mewakili Bumi di atas lilitan elips.

Templat Aktiviti 3.11



<http://bit.ly/2RIQuei>

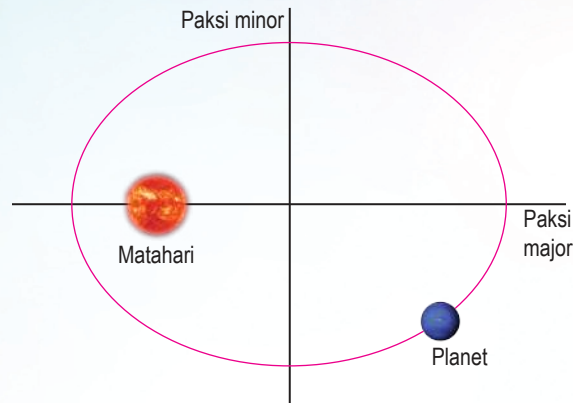


Rajah 3.24

Perbincangan:

1. Huraikan bagaimana jarak di antara Bumi dengan Matahari berubah apabila Bumi membuat satu orbit lengkap mengelilingi Matahari.
2. Bincangkan bagaimana bentuk orbit Bumi jika paksi major hampir sama panjang dengan paksi minor.

Planet-planet dalam Sistem Suria mempunyai orbit berbentuk **elips**. Rajah 3.25 menunjukkan Matahari sentiasa berada di satu fokus bagi elips itu. **Paksi major** adalah lebih panjang daripada **paksi minor**. Kebanyakan orbit planet dalam Sistem Suria mempunyai paksi major hampir sama panjang dengan paksi minor. Oleh itu, bentuk elips orbit planet-planet dalam Sistem Suria adalah hampir bulat. Planet-planet boleh dianggap membuat gerakan membulat mengelilingi Matahari. **Jejari orbit** ialah nilai purata bagi jarak di antara planet dengan Matahari.

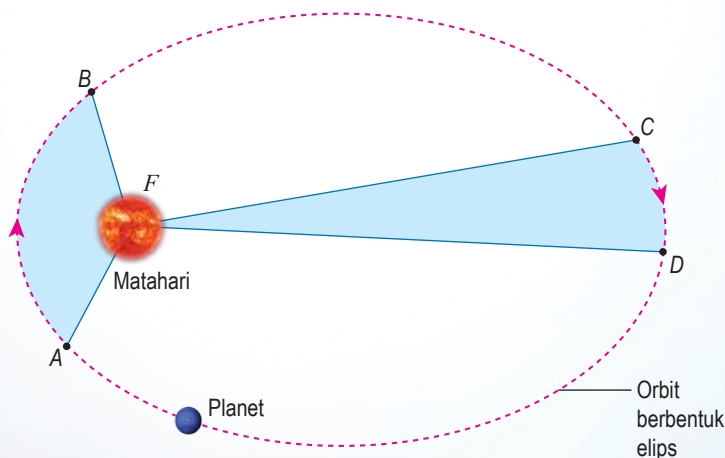


Rajah 3.25 Orbit planet mengelilingi Matahari

**Hukum
Kepler Kedua**

Garis yang menyambungkan planet dengan Matahari akan mencakupi luas yang sama dalam selang masa yang sama apabila planet bergerak dalam orbitnya.

Perhatikan Rajah 3.26. Jika sebuah planet mengambil masa yang sama untuk bergerak dari A ke B dan C ke D, luas kawasan AFB adalah sama dengan luas kawasan CFD. Jarak AB adalah lebih besar daripada jarak CD. Hal ini bermakna planet itu bergerak dengan laju linear yang lebih tinggi dari A ke B berbanding dengan dari C ke D.



Rajah 3.26 Pergerakan planet dalam orbit

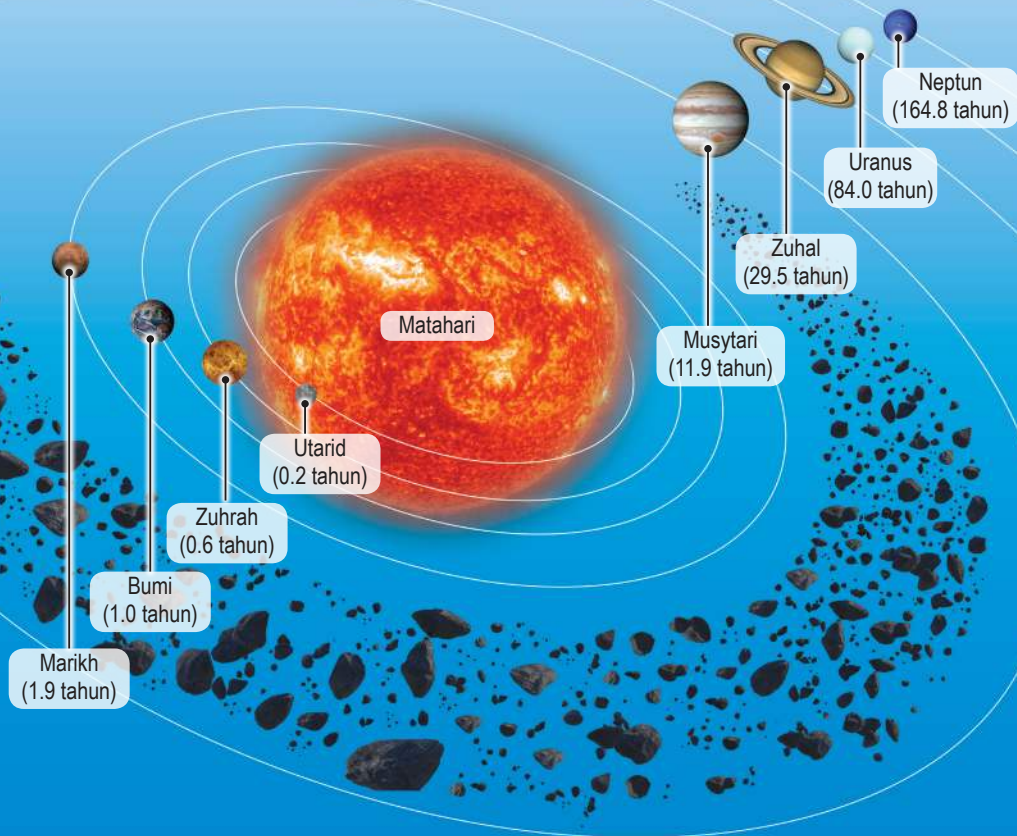
Hukum Kepler Ketiga

Kuasa dua tempoh orbit planet adalah berkadar terus dengan kuasa tiga jejari orbitnya.

Secara matematik,
 $T^2 \propto r^3$
 T = tempoh orbit planet
 r = jejari orbit

Planet yang mengorbit dengan jejari yang lebih besar akan mempunyai tempoh orbit yang lebih panjang. Oleh yang demikian, planet yang lebih jauh daripada Matahari mengambil masa yang lebih lama untuk melengkapkan satu orbit mengelilingi Matahari.

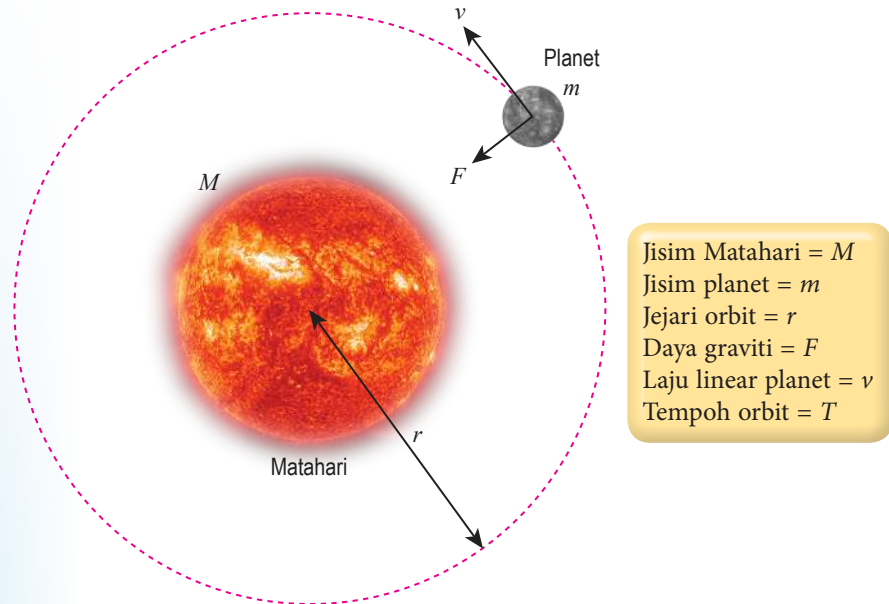
Sebagai contoh, Bumi mengambil masa 1 tahun untuk satu orbit lengkap manakala planet Zuhhal mengambil masa 29.5 tahun. Rajah 3.27 menunjukkan orbit dan tempoh orbit planet.



Rajah 3.27 Orbit planet dan tempoh orbit

Hukum Kepler Ketiga boleh dirumus menggunakan **Hukum Kegravitian Semesta Newton** dan konsep **gerakan membulat**. Planet melakukan gerakan membulat mengelilingi Matahari. **Daya memusat** yang bertindak ialah daya graviti antara Matahari dengan planet itu. Perhatikan Rajah 3.28 yang menunjukkan orbit sebuah planet mengelilingi Matahari.

Dengan menganggap orbit planet yang mengelilingi Matahari adalah bulatan, kita boleh terbitkan hubungan antara tempoh orbit planet dengan jejari orbit seperti dalam Hukum Kepler Ketiga.



Rajah 3.28 Orbit sebuah planet

Daya graviti yang bertindak ke atas planet, $F = \frac{GMm}{r^2}$

Daya graviti itu bertindak sebagai daya memusat untuk planet membuat gerakan membulat mengelilingi Matahari.

Daya memusat, $F = \frac{mv^2}{r}$

Maka,

Daya memusat = Daya graviti

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{GM}{r} \dots\dots\dots [1]$$

$$\begin{aligned} \text{Laju linear planet, } v &= \frac{\text{Jarak dilalui dalam satu orbit lengkap}}{\text{Tempoh orbit}} \\ &= \frac{2\pi r}{T} \dots\dots\dots [2] \end{aligned}$$

Gantikan, [2] ke [1]

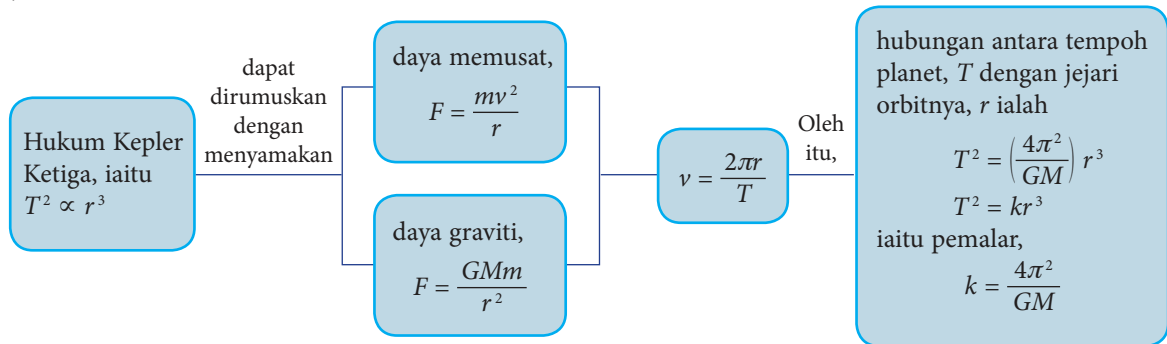
$$\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{GM}{r}$$

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right)r^3$$

Oleh sebab, GM adalah malar, $T^2 \propto r^3$

$T^2 \propto r^3$ ialah Hukum Kepler Ketiga.

Rajah 3.29 merumuskan Hukum Kepler Ketiga. Apabila Hukum Kepler Ketiga diaplikasikan terhadap sistem planet dengan Matahari, M adalah merujuk kepada jisim Matahari. Hukum Kepler Ketiga boleh juga diapikasi kepada sistem satelit dan Bumi, dengan M merujuk kepada jisim Bumi.



Rajah 3.29 Merumuskan Hukum Kepler Ketiga

Menyelesaikan Masalah Menggunakan Rumus Hukum Kepler Ketiga

Daripada Hukum Kepler Ketiga, hubungan antara tempoh orbit, T dengan jejari orbit, r ialah

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right) r^3$$

Katakan dua planet dibandingkan.

Bagi planet 1, $T_1^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right) r_1^3$ (1)

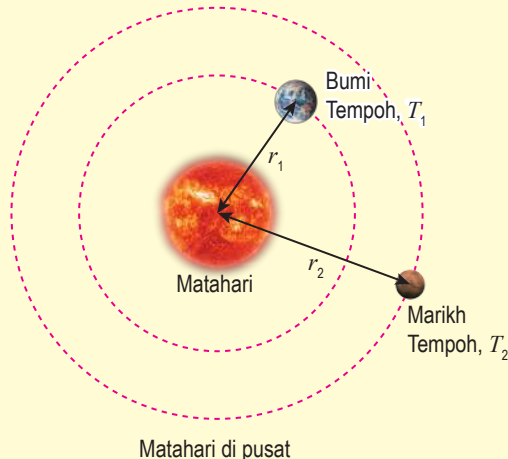
Bagi planet 2, $T_2^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM}\right) r_2^3$ (2)

(1) $\div$ (2) memberikan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$

Persamaan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ boleh digunakan untuk menghitung tempoh orbit, T atau jejari orbit, r .

Contoh 1

Rajah 3.30 menunjukkan planet Bumi dan Marikh yang mengorbit Matahari.



Rajah 3.30

- (a) Jejari orbit planet Marikh boleh ditentukan dengan membandingkan orbit Marikh dengan orbit Bumi. Apakah maklumat yang diperlukan untuk menentukan jejari orbit Marikh?
- (b) Jejari orbit Bumi ialah 1.50×10^{11} m, tempoh orbit Bumi dan Marikh ialah masing-masing 1.00 tahun dan 1.88 tahun. Hitungkan jejari orbit Marikh.

Penyelesaian:

- (a) Jejari orbit Bumi, tempoh orbit Bumi dan tempoh orbit Marikh.

(b)

Langkah 1

Senaraikan maklumat yang diberi dengan simbol.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Jejari orbit Bumi, } r_1 = 1.50 \times 10^{11} \text{ m} \\ \text{Jejari orbit Marikh} = r_2 \\ \text{Tempoh orbit Bumi, } T_1 = 1.00 \text{ tahun} \\ \text{Tempoh orbit Marikh, } T_2 = 1.88 \text{ tahun} \end{array} \right.$$

Langkah 2

Kenal pasti dan tulis rumus yang digunakan.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3} \end{array} \right.$$

Langkah 3

Buat gantian numerikal ke dalam rumus dan lakukan penghitungan.

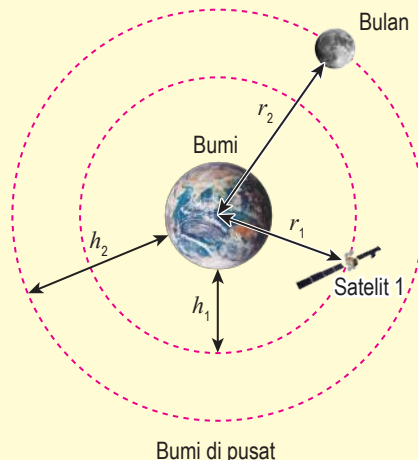
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1.00^2}{1.88^2} = \frac{(1.50 \times 10^{11})^3}{r_2^3} \\ r_2^3 = \frac{(1.50 \times 10^{11})^3 \times 1.88^2}{1.00^2} \\ r_2 = \sqrt[3]{\frac{(1.50 \times 10^{11})^3 \times 1.88^2}{1.00^2}} \\ = 2.28 \times 10^{11} \text{ m} \end{array} \right.$$

INFO BESTARI

Persamaan $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$ melibatkan tempoh orbit sebuah planet bahagi tempoh orbit sebuah planet yang lain. Unit yang sama perlu digunakan untuk kedua-dua tempoh.

Contoh 2

Rajah 3.31 menunjukkan sebuah satelit penyelidikan perlu mengorbit pada ketinggian 380 km untuk membuat pengimejan jelas muka Bumi. Berapakah tempoh orbit satelit itu?



Rajah 3.31

[Jejari orbit Bulan = 3.83×10^8 m, tempoh orbit Bulan = 655.2 jam]

Penyelesaian:

Jejari orbit satelit, $r_1 = (6.37 \times 10^6) + (380 \times 10^3)$
 $= 6.75 \times 10^6 \text{ m}$

Jejari orbit Bulan, $r_2 = 3.83 \times 10^8 \text{ m}$

Tempoh orbit satelit = T_1

Tempoh orbit Bulan, $T_2 = 655.2 \text{ jam}$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

$$\frac{T_1^2}{655.2^2} = \frac{(6.75 \times 10^6)^3}{(3.83 \times 10^8)^3}$$

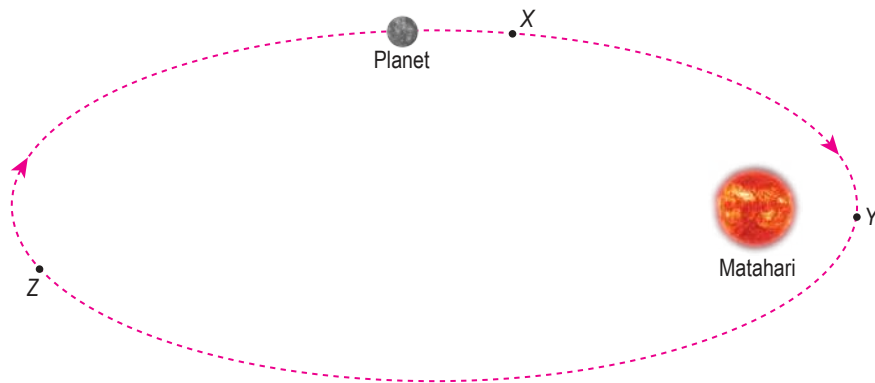
$$T_1^2 = \frac{(6.75 \times 10^6)^3 \times 655.2^2}{(3.83 \times 10^8)^3}$$

$$T_1 = \sqrt{\frac{(6.75 \times 10^6)^3 \times 655.2^2}{(3.83 \times 10^8)^3}}$$

$$= 1.53 \text{ jam}$$

Latihan Formatif**3.2**

1. Nyatakan Hukum Kepler Pertama.
2. (a) Nyatakan Hukum Kepler Kedua.
 (b) Rajah 3.32 menunjukkan orbit sebuah planet mengelilingi Matahari. Bandingkan laju linear planet itu di kedudukan X, Y dan Z.



Rajah 3.32

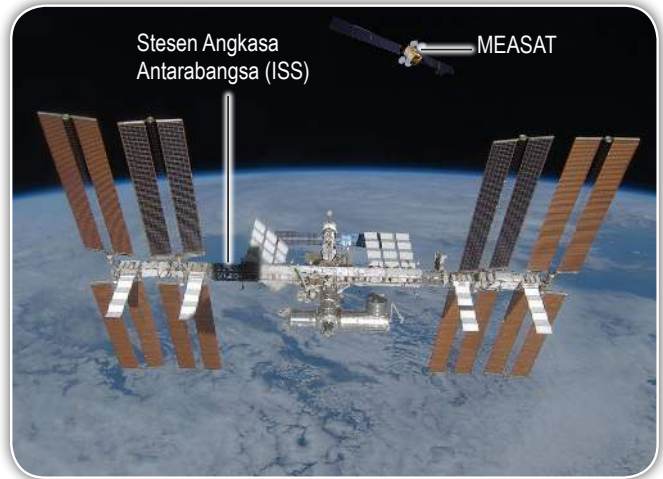
3. (a) Nyatakan Hukum Kepler Ketiga.
 (b) Berapakah ketinggian sebuah satelit jika satelit itu dikehendaki mengorbit Bumi dengan tempoh 24 jam?
 [Tempoh orbit Bulan = 27.3 hari, jejari orbit Bulan = $3.83 \times 10^8 \text{ m}$]

3.3 Satelit Buatan Manusia

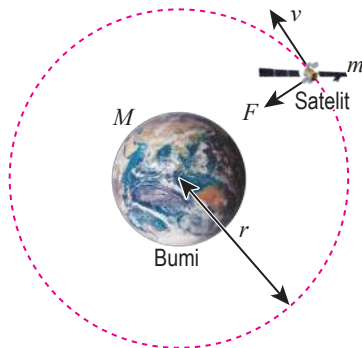
Orbit Satelit

Rajah 3.33 menunjukkan Stesen Angkasa Antarabangsa, ISS (*International Space Station*) dan satelit MEASAT. ISS boleh dilihat dari Bumi kerana bersaiz besar dan mengorbit pada ketinggian 408 km. Satelit MEASAT sukar untuk dilihat kerana bersaiz kecil dan mengorbit pada ketinggian 35 786 km. Satelit akan bergerak dalam orbit pada ketinggian tertentu dengan laju linear satelit yang sesuai.

Rumus **daya memusat** dan **Hukum Kegravitian Semesta Newton** digunakan untuk menerbitkan dan menentukan laju linear satelit. Rajah 3.34 menunjukkan orbit sebuah satelit yang mengelilingi Bumi.



Rajah 3.33 Satelit buatan manusia mengorbit Bumi



Jisim Bumi = M
 Jisim satelit = m
 Jejari orbit satelit = r
 Laju linear satelit = v
 Tempoh orbit = T

Kedudukan dan laluan ISS



<https://spotthestation.nasa.gov/>

Rajah 3.34 Orbit sebuah satelit

Satelit yang bergerak dalam orbit membulat mengelilingi Bumi akan mengalami daya memusat, iaitu daya graviti.

Daya graviti antara satelit dengan Bumi, $F = \frac{GMm}{r^2}$

Daya memusat pada satelit, $F = \frac{mv^2}{r}$

Daya memusat = Daya graviti

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{GM}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$



INFO KERJAYA

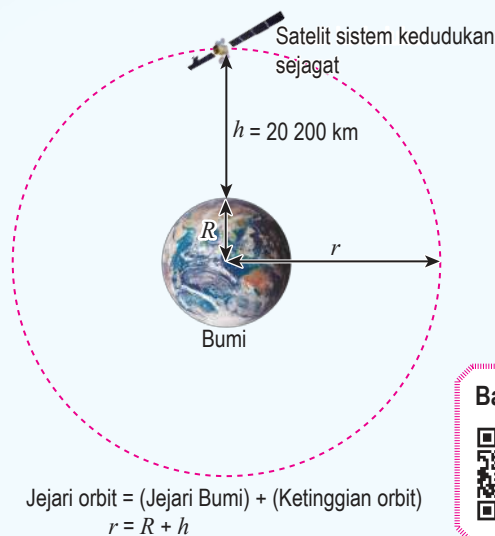
Kejuruteraan Astronautik melibatkan bidang Fizik tentang mekanik orbit, persekitaran angkasa lepas, penentuan dan kawalan ketinggian, telekomunikasi, struktur aeroangkasa, dan perengjanan roket.

Oleh sebab GM adalah malar, laju linear satelit hanya bergantung kepada jejari orbitnya. Jika sebuah satelit berada pada ketinggian, h di atas permukaan Bumi,

Jejari orbit, $r = R + h$
iaitu R = jejari Bumi.

Dengan itu, laju linear satelit, $v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$

Satelit buatan manusia boleh dilancar untuk kekal mengorbit pada ketinggian yang tertentu mengelilingi Bumi dengan jejari orbit, r jika satelit itu diberikan laju linear satelit $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. Rajah 3.35 menunjukkan sebuah satelit Sistem Kedudukan Sejagat (GPS).



Bagaimana GPS berfungsi?



<http://bit.ly/2LzaMxz>

Rajah 3.35 Satelit GPS mengorbit Bumi

$$\begin{aligned}\text{Ketinggian, } h &= 20\,200 \times 1000 \text{ m} \\ &= 2.02 \times 10^7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jejari orbit, } r &= (6.37 \times 10^6) + (2.02 \times 10^7) \\ &= 2.657 \times 10^7 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Laju linear satelit, } v &= \sqrt{\frac{GM}{r}} \\ &= \sqrt{\frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{2.657 \times 10^7}} \\ &= 3.87 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}\end{aligned}$$

Dalam orbit yang stabil, laju linear satelit ialah $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. Laju linear ini adalah cukup besar untuk satelit itu bergerak dalam orbit membulat mengelilingi Bumi. Pecutan memusat satelit itu adalah sama dengan pecutan graviti.

Jika laju linear satelit menjadi kurang daripada laju linear satelit yang sepatutnya, satelit itu akan jatuh ke orbit yang lebih rendah, dan terus memusar mendekati Bumi sehingga memasuki atmosfera. Gerakan satelit dengan laju linear tinggi bertentangan dengan rintangan udara akan menjana haba dan boleh menyebabkan satelit itu terbakar.

Satelit Geopegun dan Bukan Geopegun

Rajah 3.36 menunjukkan dua jenis satelit yang mengorbit Bumi, iaitu satelit geopegun dan satelit bukan geopegun. Teliti ciri-ciri satelit tersebut.

Satelit geopegun

- Berada dalam suatu orbit khas yang dinamakan Orbit Bumi Geopegun
- Bergerak mengelilingi Bumi dalam arah yang sama dengan arah putaran Bumi pada paksinya
- Tempoh orbit $T = 24$ jam, iaitu sama dengan tempoh putaran Bumi.
- Sentiasa berada di atas kedudukan geografi yang sama di permukaan Bumi

Satelit geopegun

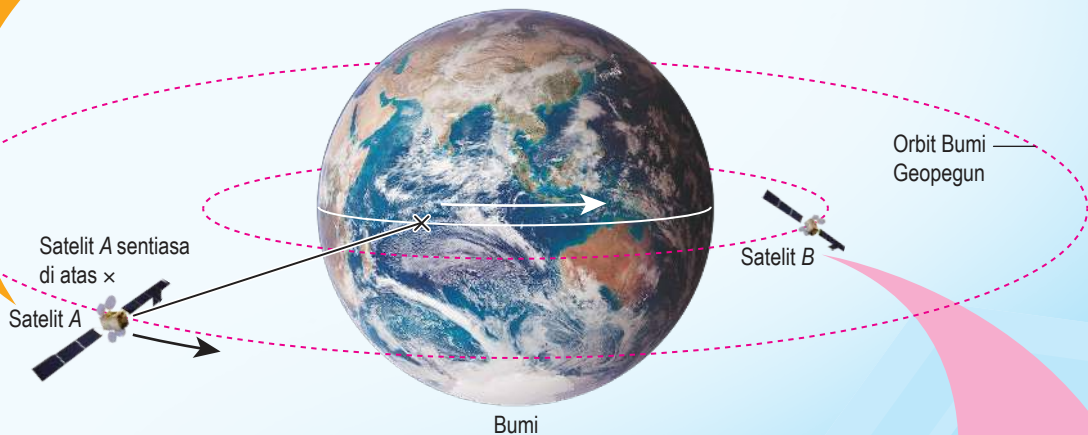


<https://www.nasa.gov/content/goes>

Satelit bukan geopegun



<https://go.nasa.gov/2W2xcIZ>



Satelit bukan geopegun

- Biasanya berada dalam orbit lebih rendah atau lebih tinggi daripada orbit Bumi geopegun
- Mempunyai tempoh orbit yang lebih pendek atau lebih panjang daripada 24 jam
- Berada di atas kedudukan geografi yang berubah-ubah di permukaan Bumi

Rajah 3.36 Satelit geopegun dan bukan geopegun



Tujuan: Mencari maklumat tentang satelit geopegun dan satelit bukan geopegun dari segi fungsi dan tempoh hayat

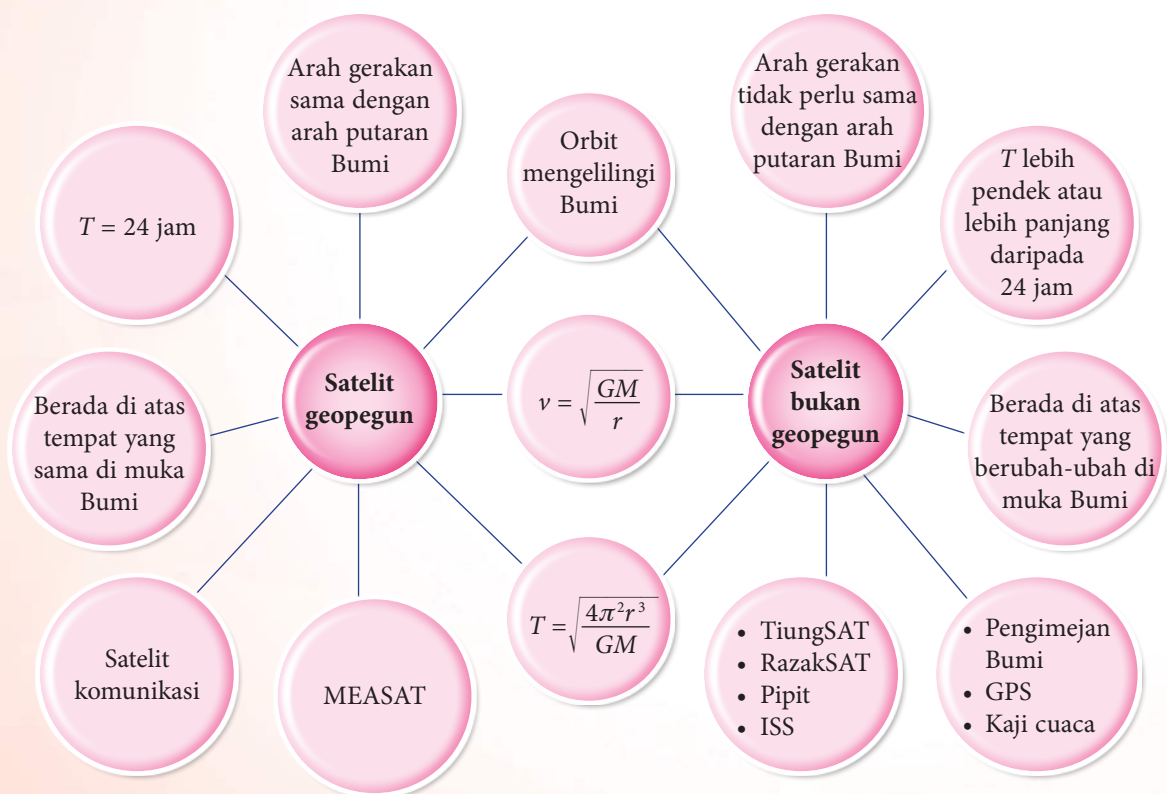
Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
2. Layari laman sesawang untuk mencari maklumat mengenai fungsi dan tempoh hayat bagi satu contoh satelit geopegun dan satu contoh satelit bukan geopegun.
3. Bentangkan hasil pencarian anda dalam bentuk folio dan pamerkannya di Pusat Sumber sekolah anda.

Perbincangan:

1. Apakah kelebihan satelit bukan geopegun?
2. Mengapakah satelit komunikasi perlu berada dalam orbit geopegun?

Rajah 3.37 menunjukkan perbandingan antara satelit geopegun dengan satelit bukan geopegun serta contoh-contoh satelit.



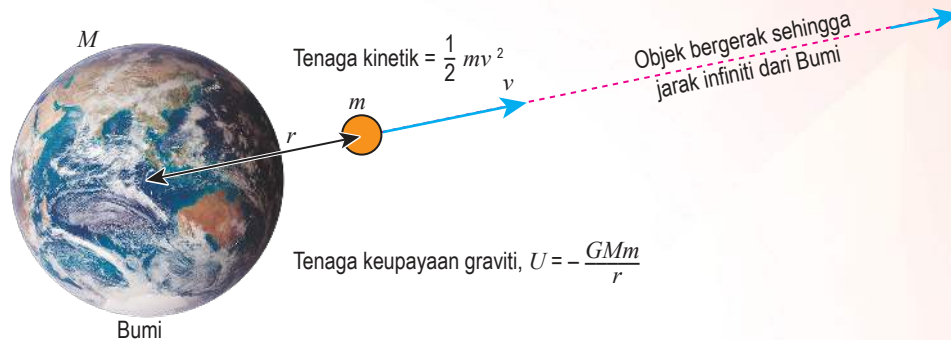
Rajah 3.37 Perbandingan satelit geopegun dan bukan geopegun

Halaju Lepas

Halaju lepas, v ialah halaju minimum yang diperlukan oleh objek di permukaan Bumi untuk mengatasi daya graviti dan terlepas ke angkasa lepas. Rumus halaju lepas boleh diterbitkan dengan cara yang ditunjukkan di bawah.

Katakan suatu objek berada pada jarak r dari pusat Bumi. Jisim objek ialah m dan jisim Bumi ialah M . Objek itu mempunyai tenaga keupayaan graviti, $U = -\frac{GMm}{r}$

Rajah 3.38 menunjukkan sebuah objek dilancar dengan halaju lepas, v . Objek itu boleh mengatasi daya graviti dan bergerak sehingga jarak infiniti dari Bumi.



Rajah 3.38 Objek dilancar dengan halaju lepas

Halaju lepas dicapai apabila tenaga kinetik minimum yang dibekalkan kepada objek itu dapat mengatasi tenaga keupayaan gravitinya. Oleh itu,

Tenaga kinetik minimum + Tenaga keupayaan = 0

$$\text{Iaitu, } \frac{1}{2}mv^2 + \left(-\frac{GMm}{r}\right) = 0$$

$$v^2 = \frac{2GM}{r}$$

$$\text{Halaju lepas, } v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Jisim Bumi, $M = 5.97 \times 10^{24}$ kg

Jejari Bumi, $R = 6.37 \times 10^6$ m

$$\begin{aligned} \text{Halaju lepas dari Bumi, } v &= \sqrt{\frac{2GM}{R}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11}) \times (5.97 \times 10^{24})}{(6.37 \times 10^6)}} \\ &= 1.12 \times 10^4 \text{ m s}^{-1} \\ &= 11.2 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} \\ &= 11.2 \text{ km s}^{-1} \end{aligned}$$

Halaju lepas, v bagi suatu objek bergantung kepada jisim Bumi, M dan jarak, r objek dari pusat Bumi. Halaju lepas tidak bergantung kepada jisim objek, m yang dilepaskan ke angkasa lepas.

3.3.3

Halaju lepas



<http://bit.ly/2IRTdgj>



<http://bit.ly/2Pmvrnm>

Fail info

Bagi objek di permukaan Bumi, jaraknya dari pusat sama dengan jejari Bumi, R .

Halaju lepas bagi objek itu ialah

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Fail info

Oleh sebab Bumi mempunyai jisim yang besar, halaju lepas dari Bumi mempunyai nilai yang tinggi, $11\,200 \text{ m s}^{-1}$ atau $40\,300 \text{ km j}^{-1}$.

Manfaat dan Implikasi Halaju Lepas

Halaju lepas dari Bumi yang tinggi, iaitu $11\,200\text{ m s}^{-1}$ membawa manfaat dan implikasi kepada manusia. Antara manfaatnya ialah Bumi berupaya mengekalkan lapisan atmosfera di sekelilingnya. Molekul-molekul dalam atmosfera bergerak dengan laju linear purata 500 m s^{-1} , iaitu jauh lebih kecil daripada halaju lepas dari Bumi. Oleh yang demikian, molekul-molekul udara yang bergerak secara rawak tidak mungkin terlepas dari Bumi dan meresap ke angkasa lepas.



Rajah 3.39 Atmosfera Bumi

Halaju lepas dari Bumi yang tinggi juga membolehkan kapal terbang komersial atau jet pejuang terbang sehingga aras yang tinggi dalam atmosfera tanpa kemungkinan terlepas ke angkasa lepas. Laju linear kedua-duanya masih lebih rendah daripada halaju lepas dari Bumi. Kapal terbang komersial boleh terbang dengan laju linear 250 m s^{-1} manakala jet pejuang boleh mencapai laju linear supersonik sehingga $2\,200\text{ m s}^{-1}$.



Gambar foto 3.1 Kapal terbang komersial

Pelancaran roket memerlukan kuantiti bahan api yang besar. Pembakaran bahan api perlu menghasilkan kuasa rejang yang tinggi bagi membolehkan roket mencapai halaju lepas dari Bumi dan menghantar kapal angkasa ke angkasa lepas.



Gambar foto 3.2 Pelancaran roket

Menyelesaikan Masalah yang Melibatkan Halaju Lepas

Anda telah menghitung halaju lepas dari Bumi dengan rumus $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$. Sebenarnya, rumus ini boleh juga digunakan untuk menghitung halaju lepas dari jasad lain seperti Bulan, Marikh dan Matahari.

Aktiviti 3.13

Pemikiran Logik

KBMM

Tujuan: Membincangkan halaju lepas dari planet-planet

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini secara berpasangan.
2. Salin semula dan lengkapkan Jadual 3.4 dengan menghitung nilai halaju lepas.

Jadual 3.4

Planet	Jisim, M / kg	Jejari, R / m	Halaju lepas, v / m s^{-1}
Zuhrah	4.87×10^{24}	6.05×10^6	
Marikh	6.42×10^{23}	3.40×10^6	
Musytari	1.90×10^{27}	6.99×10^7	

Halaju lepas adalah berbeza antara setiap planet. Halaju lepas dari Marikh yang kecil menyebabkan atmosfera Marikh 100 kali kurang tumpat daripada Bumi. Musytari pula mempunyai halaju lepas yang begitu tinggi sehingga gas panas di permukaan tidak dapat terlepas ke angkasa lepas. Pengetahuan tentang halaju lepas adalah penting untuk menentukan bagaimana kapal angkasa dapat mendarat dan berlepas semula dengan selamat dari sebuah planet.

Imbas kembali

Ciri-ciri planet dalam Sistem Suria



Contoh 1

Bulan dan Matahari ialah dua jasad dalam Sistem Suria. Jadual 3.5 menunjukkan nilai jisim dan jejari bagi Bulan dan Matahari. Bandingkan

- (i) pecutan graviti di Bulan dan di Matahari, dan
 - (ii) halaju lepas dari Bulan dan dari Matahari
- berdasarkan data yang diberikan dalam Jadual 3.5.

Jadual 3.5

Jasad	Jisim, M / kg	Jejari, R / m
Bulan	7.35×10^{22}	1.74×10^6
Matahari	1.99×10^{30}	6.96×10^8

Penyelesaian:

- (i) Pecutan graviti dihitung dengan rumus $g = \frac{GM}{R^2}$

Bulan

$$g = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (7.35 \times 10^{22})}{(1.74 \times 10^6)^2}$$
$$= 1.62 \text{ m s}^{-2}$$

Matahari

$$g = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \times (1.99 \times 10^{30})}{(6.96 \times 10^8)^2}$$
$$= 274.0 \text{ m s}^{-2}$$

- (ii) Halaju lepas dihitung dengan rumus $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

Bulan

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11}) \times (7.35 \times 10^{22})}{1.74 \times 10^6}}$$
$$= 2.37 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

Matahari

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (6.67 \times 10^{-11}) \times (1.99 \times 10^{30})}{(6.96 \times 10^8)}}$$
$$= 6.18 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

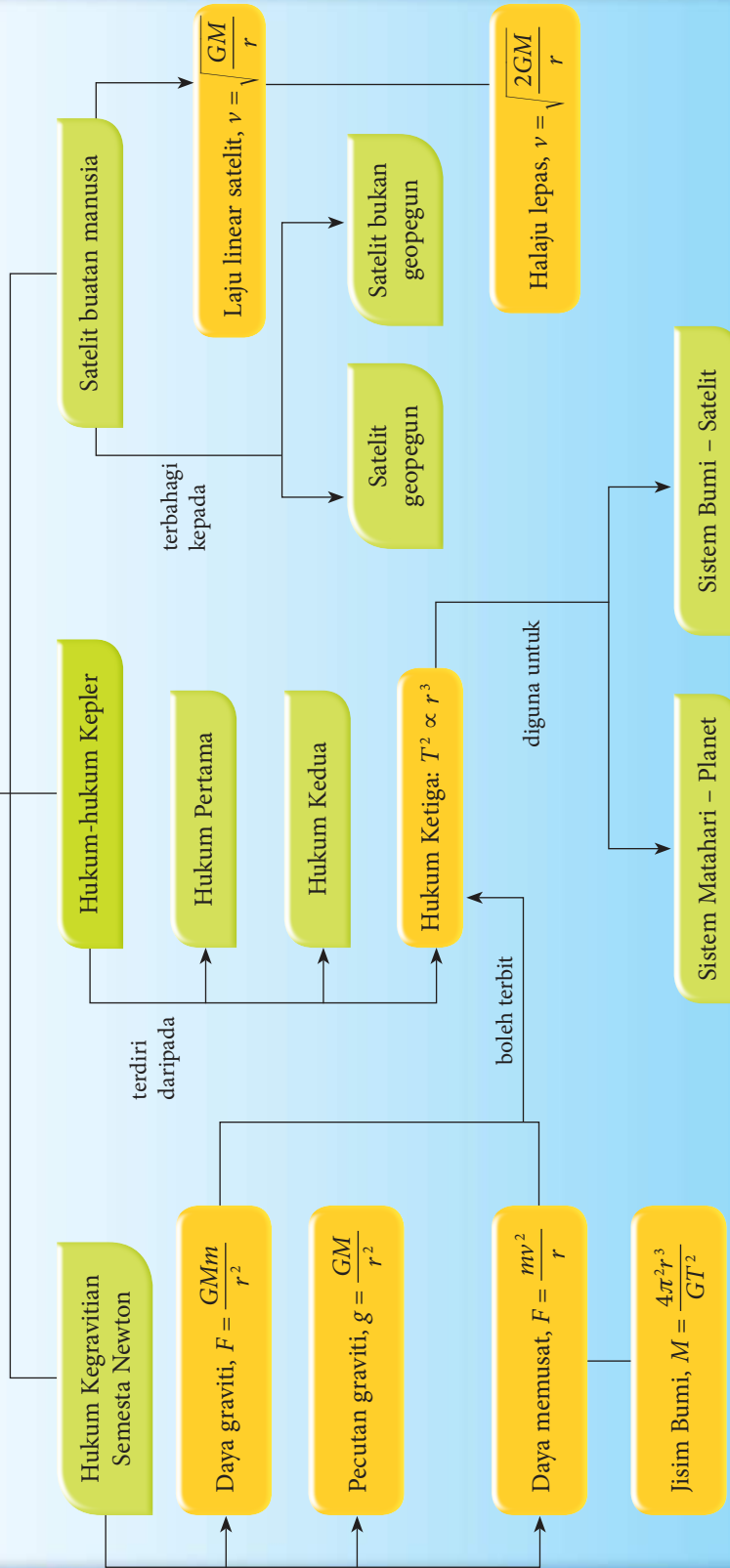
- Bulan mempunyai pecutan graviti dan halaju lepas yang kecil kerana jisim Bulan adalah lebih kecil daripada Matahari.
- Matahari merupakan jasad yang terbesar dalam Sistem Suria. Pecutan graviti di Matahari dan halaju lepas dari Matahari mempunyai nilai yang tertinggi berbanding dengan Bulan serta planet-planet lain.

Latihan Formatif

3.3

1. Banding dan bezakan satelit geopegun dan satelit bukan geopegun.
2. Apakah faktor yang menentukan laju linear satelit-satelit yang mengorbit Bumi?
3. Nyatakan dua faktor yang mempengaruhi nilai halaju lepas dari sebuah planet.
4. Bincangkan sama ada sebuah kapal angkasa X berjisim 1 500 kg dan kapal angkasa Y berjisim 2 000 kg memerlukan halaju lepas yang berbeza untuk terlepas daripada graviti Bumi.
5. Satelit pemerhati Bumi, Proba-1 mengorbit Bumi pada ketinggian 700 km. Berapakah laju linear satelit itu? 🍌

[$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$, jejari Bumi = $6.37 \times 10^6 \text{ m}$]



REFLEKSI KENDIRI

1. Perkara baharu yang saya pelajari dalam bab kegravitian ialah _____.
2. Perkara paling menarik yang saya pelajari dalam bab kegravitian ialah _____.
3. Perkara yang saya masih kurang fahami atau kuasai ialah _____.
4. Prestasi saya dalam bab ini.

Kurang
baik
 

1

2

3

4

5


 Sangat
baik
5. Saya perlu _____ untuk meningkatkan prestasi saya dalam bab ini.

Muat turun dan cetak
Refleksi Kendiri Bab 3

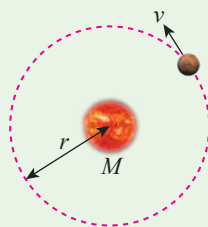


<http://bit.ly/2Frpumf>



Penilaian Prestasi

1. Rajah 1 menunjukkan planet Marikh yang mengorbit Matahari secara membulat dengan tempoh peredaran, T .

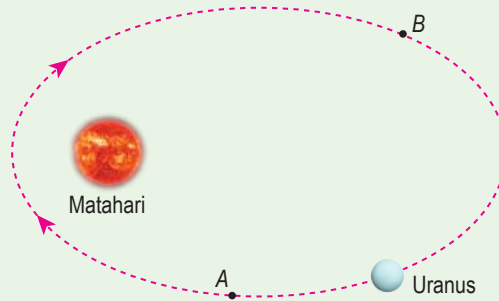


m = jisim Marikh
 M = jisim Matahari
 r = jejari orbit Marikh
 v = laju linear Marikh

Rajah 1

- (a) Bagi planet Marikh, tuliskan rumus bagi:
 - (i) daya graviti dalam sebutan m , M dan r ,
 - (ii) daya memusat dalam sebutan m , v dan r , serta
 - (iii) laju linear dalam sebutan r dan T .
- (b) Terbitkan satu ungkapan bagi jisim Matahari dalam sebutan r dan T dengan menggunakan tiga rumus dalam (a).
- (c) Jejari orbit Marikh ialah $r = 2.28 \times 10^{11}$ m dan tempoh peredarannya ialah $T = 687$ hari. Hitungkan jisim Matahari.

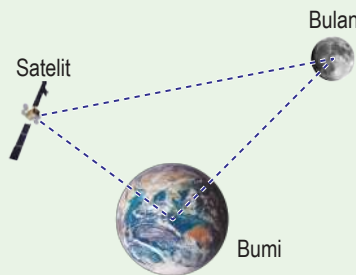
2. Sebuah satelit mengorbit Bumi dengan jejari, r dan tempoh, T .
- Tuliskan laju linear satelit itu dalam sebutan r dan T .
 - Gunakan rumus-rumus lain yang sesuai untuk menerbitkan rumus bagi laju linear satelit itu dalam sebutan r dan M . M ialah jisim Bumi. 🧠
 - Mengapakah laju linear satelit yang mengorbit Bumi tidak bergantung pada jisim satelit itu?
3. Rajah 2 menunjukkan orbit planet Uranus.



Rajah 2

Huraikan perubahan laju linear planet Uranus apabila Uranus bergerak dari titik A ke titik B.

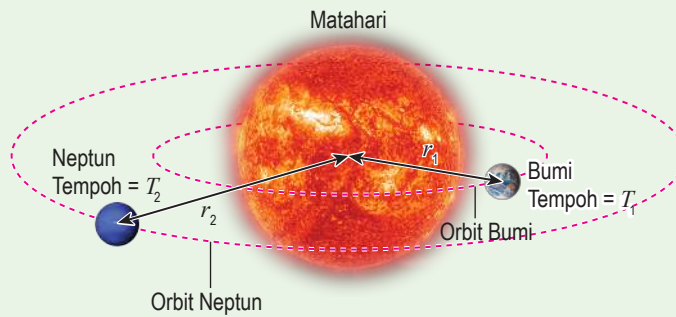
4. Rajah 3 menunjukkan Bumi, Bulan dan sebuah satelit.



Rajah 3

- Pasangan jasad yang manakah mengalami daya graviti yang paling kecil? Beri sebab untuk jawapan anda.
 - Hitungkan daya graviti antara Bumi dengan satelit itu.
[Jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg, jisim satelit = 1.2×10^3 kg, jarak di antara pusat Bumi dengan pusat satelit = 7.87×10^6 m] 🧠
5. (a) Apakah faktor-faktor yang menentukan nilai pecutan graviti di suatu kedudukan?
- (b) Sebuah satelit berada pada jarak 4.20×10^7 m dari pusat Bumi. Berapakah nilai pecutan graviti di kedudukan ini? 🧠
[Jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg]

6. Rajah 4 menunjukkan Bumi dan planet Neptun.



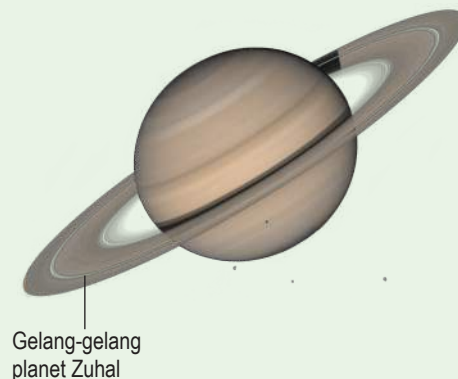
Rajah 4

- (a) Tuliskan hubungan antara tempoh orbit dengan jejari orbit bagi Bumi dan Neptun.
- (b) Tempoh orbit Bumi ialah 365 hari dan jejari orbit Bumi ialah 1.50×10^{11} m. Hitungkan jejari orbit Neptun jika tempoh orbitnya ialah 5.98×10^4 hari. 🧠

7. Bumi mengorbit Matahari dengan jejari orbit 1.50×10^{11} m dan tempoh peredaran 1 tahun. Planet Zuhal membuat orbit dengan jejari orbit 1.43×10^{12} m. Berapakah tempoh orbit Zuhal? 🧠

8. Sebuah kapal angkasa mengorbit Bumi pada ketinggian 1 600 km. Hitungkan halaju lepas untuk kapal angkasa ini. 🧠
 $[G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, jisim Bumi = 5.97×10^{24} kg, jejari Bumi = 6.37×10^6 m]

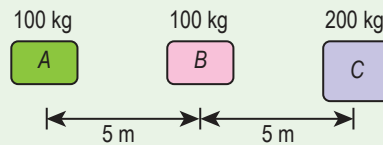
9. Rajah 5 menunjukkan planet Zuhal mempunyai gelang-gelang di sekelilingnya yang terdiri daripada zarah-zarah kecil. Planet Zuhal mempunyai jisim 5.68×10^{26} kg dan jejari 6.03×10^7 m.



Rajah 5

- (a) Hitungkan halaju lepas dari planet Zuhal. 🧠
- (b) Bincangkan kemungkinan zarah-zarah kecil dalam gelang-gelang planet Zuhal terlepas ke angkasa. 🧠

10. Rajah 6 menunjukkan tiga jasad A, B dan C. Diberi daya graviti antara A dengan B ialah P .



Rajah 6

Nyatakan dalam sebutan P , daya graviti antara

- B dengan C , dan 🧠
 - A dengan C . 🧠
11. Jadual 1 menunjukkan maklumat mengenai tiga jenis orbit X, Y dan Z bagi satelit yang mengorbit Bumi.

Jadual 1

Orbit	Bentuk orbit	Ketinggian orbit / m	Tempoh orbit / jam
X	Elips	6.70×10^3	1.41
Y	Bulat	3.59×10^7	24.04
Z	Bulat	5.43×10^7	41.33

Sebuah agensi angkasa ingin melancarkan dua buah satelit P dan Q ke dalam orbit mengelilingi Bumi. Satelit P ialah satelit pengimejan Bumi yang boleh mengambil gambar pelbagai kedudukan di permukaan Bumi manakala satelit Q ialah satelit komunikasi televisyen.

Dengan menggunakan maklumat dalam Jadual 1, tentukan orbit yang manakah sesuai untuk satelit P dan satelit Q . Beri penjelasan untuk pilihan anda. 🧠

12. Andaikan diri anda sebagai seorang saintis. Kumpulan anda telah menemui satu sistem jasad yang baharu. Sistem ini terdiri daripada sebuah bintang di pusat dan lima buah planet dalam orbit membulat mengelilingi bintang tersebut. Jadual 2 menunjukkan maklumat sistem jasad itu.

Jadual 2

Jasad	Jisim / kg	Jejari jasad / m	Jejari orbit / m
Bintang	5.90×10^{29}	6.96×10^8	–
Planet A	2.80×10^{22}	1.07×10^6	2.86×10^{10}
Planet B	6.30×10^{23}	2.30×10^6	9.85×10^{10}
Planet C	7.40×10^{22}	3.41×10^6	1.15×10^{11}
Planet D	4.60×10^{25}	1.32×10^7	5.32×10^{11}
Planet E	1.90×10^{21}	2.42×10^5	2.13×10^{12}

- (a) Hitungkan nilai pecutan graviti, halaju lepas dan tempoh orbit bagi tiap-tiap planet. 🧠
- (b) Bagaimanakah nilai pecutan graviti, halaju lepas dan tempoh orbit mempengaruhi kesesuaian suatu planet yang baharu untuk didiami manusia? 🧠
- (c) Seterusnya, pilih planet yang paling sesuai didiami manusia. Beri sebab bagi pilihan anda. 🧠



Sudut Pengayaan

13. Andaikan manusia telah berjaya mendiami planet Marikh. Anda bersama sekumpulan saintis dikehendaki mereka bentuk satu sistem orbit bagi satelit-satelit buatan yang akan mengorbit Marikh. Satelit-satelit buatan tersebut terdiri daripada satelit kaji cuaca, satelit pemetaan permukaan planet dan satelit komunikasi. Jadual 3 menunjukkan maklumat mengenai planet Marikh.

Jadual 3

Jisim / kg	6.42×10^{23}
Jejari planet / m	3.40×10^6
Tempoh putaran / jam	24.6

Berdasarkan maklumat dalam Jadual 3, cadangkan ciri-ciri orbit satelit dari segi ketinggian orbit, tempoh orbit, laju linear satelit, tapak pelancaran serta faktor-faktor lain yang sesuai. 🧠